

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 2 4 日
Date of Application:

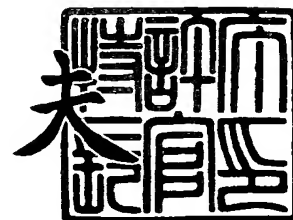
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 7 9 2 8 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 7 9 2 8 2]

出 願 人 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 2 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 DCMH140697

【提出日】 平成15年 3月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03F 1/32

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社エヌ
・ ティ・ ティ・ ドコモ内

【氏名】 鈴木 恭宜

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社エヌ
・ ティ・ ティ・ ドコモ内

【氏名】 水田 信治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社エヌ
・ ティ・ ティ・ ドコモ内

【氏名】 廣田 哲夫

【特許出願人】

【識別番号】 392026693

【氏名又は名称】 株式会社エヌ・ ティ・ ティ・ ドコモ

【代理人】

【識別番号】 100066153

【弁理士】

【氏名又は名称】 草野 卓

【選任した代理人】

【識別番号】 100100642

【弁理士】

【氏名又は名称】 稲垣 稔

【選任した代理人】

【識別番号】 100114133

【弁理士】

【氏名又は名称】 横田 芳信

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002897

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0205124

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書**【発明の名称】** デジタルプリディストータの自動調整方法**【特許請求の範囲】****【請求項 1】** パイロット信号発生器と、

入力信号を線形伝達経路と歪発生経路に分配する分配器と、歪発生経路に設けられた奇数次歪を発生する歪発生器と該各歪発生器の発生する各歪成分の周波数特性をそれぞれ補償する第一周波数特性補償器と該各周波数特性補償器出力信号の振幅と位相を調整する調整器と、線形伝達経路に設けられた遅延器と、該調整器と該遅延器の出力信号を合成する合成器により構成され、それらをデジタル信号処理にて実現されるデジタルプリディストータと、

デジタルプリディストータ出力を入力するデジタル／アナログ変換器と、
デジタル／アナログ変換器出力を局部発振器によりアップコンバートする周波数変換器と、

周波数変換された信号を入力し、電力増幅を行う電力増幅器と、
電力増幅器出力にてパイロット信号をモニタするパイロット信号抽出器と、
抽出されたパイロット信号からデジタルプリディストータの調整器と第一周波数特性補償器と局部発振器を制御する制御器と、から構成される線形電力増幅器におけるデジタルプリディストータの自動調整方法であって、

抽出されたパイロット信号の各奇数次歪成分を検出する段階と、
検出した振幅値及び位相値を用いて電力増幅器出力で該パイロット信号の各奇数次歪成分を最適にする調整器に設定される振幅値と位相値を算出する段階と、
局部発振器の設定周波数を変更する段階と、

局部発振周波数の設定周波数変更後に上記各奇数次歪成分を検出する段階と振幅値と位相値を算出する段階と、

所定の周波数範囲での各調整器に設定される振幅値及び位相値を用いてそれぞれの周波数偏差を算出し第一周波数特性補償器に設定する段階にて構成されることを特徴とする線形電力増幅器におけるデジタルプリディストータの自動調整方法。

【請求項 2】 パイロット信号発生器と、

入力信号を線形伝達経路と歪発生経路に分配する分配器と、歪発生経路に設けられた各歪発生器の周波数特性をそれぞれ補償する第二周波数補償器と奇数次歪を発生する歪発生器と該各周波数特性補償器出力信号の振幅と位相を調整する調整器と、線形伝達経路に設けられた遅延器と、該調整器と該遅延器の出力信号を合成する合成器により構成され、それらをディジタル信号処理にて実現されるディジタルプリディストータと、

ディジタルプリディストータ出力を入力するディジタル／アナログ変換器と、ディジタル／アナログ変換器出力を局部発振器を用いてアップコンバートする周波数変換器と、

周波数変換された信号を入力し、電力増幅を行う電力増幅器と、電力増幅器出力にてパイロット信号をモニタするパイロット信号抽出器と、抽出されたパイロット信号からディジタルプリディストータの調整器と第二周波数特性補償器と局部発振器を制御する制御器と、から構成される線形電力増幅器におけるディジタルプリディストータの自動調整方法であって、

抽出されたパイロット信号の各奇数次歪成分を検出する段階と、

検出した振幅値及び位相値を用いて電力増幅器出力で該パイロット信号の各奇数次歪成分を最適にする調整器に設定される振幅値と位相値を算出する段階と、

局部発振器の設定周波数を変更する段階と、

局部発振周波数の設定周波数変更後に上記各奇数次歪成分を検出する段階と振幅値と位相値を算出する段階と、

所定の周波数範囲での各調整器に設定される振幅値及び位相値を用いてそれぞれの周波数偏差を算出し第二周波数特性補償器に設定する段階にて構成されることを特徴とする線形電力増幅器におけるディジタルプリディストータの自動調整方法。

【請求項 3】パイロット信号発生器と、

入力信号を線形伝達経路と歪発生経路に分配する分配器と、歪発生経路に設けられた各歪発生器の周波数特性をそれぞれ補償する第二周波数補償器と奇数次歪を発生する歪発生器と該各歪発生器の発生する各歪成分の周波数特性をそれぞれ補償する第一周波数特性補償器と該各周波数特性補償器出力信号の振幅と位相を

調整する調整器と、線形伝達経路に設けられた遅延器と、該調整器と該遅延器の出力信号を合成する合成器により構成され、それらをデジタル信号処理にて実現されるデジタルプリディストータと、

デジタルプリディストータ出力を入力するデジタル／アナログ変換器と、
デジタル／アナログ変換器出力を局部発振器を用いてアップコンバートする周波数変換器と、

周波数変換された信号を入力し、電力増幅を行う電力増幅器と、
電力増幅器出力にてパイロット信号をモニタするパイロット信号抽出器と、
抽出されたパイロット信号からデジタルプリディストータの調整器と第一周波数特性補償器と第二周波数特性補償器と局部発振器を制御する制御器と、から構成される線形電力増幅器におけるデジタルプリディストータの自動調整方法であって、

抽出されたパイロット信号の各奇数次歪成分を検出する段階と、
検出した振幅値及び位相値を用いて電力増幅器出力で該パイロット信号の各奇数次歪成分を最適にする調整器に設定される振幅値と位相値を算出する段階と、
局部発振器の設定周波数を変更する段階と、
局部発振周波数の設定周波数変更後に上記各奇数次歪成分を検出する段階と振幅値と位相値を算出する段階と、

所定の周波数範囲での各調整器に設定される振幅値及び位相値を用いてそれぞれの周波数偏差を算出し第一周波数特性補償器に設定する段階と、

抽出されたパイロット信号の各奇数次歪成分を検出する段階と、
検出した振幅値及び位相値を用いて電力増幅器出力で該パイロット信号の各奇数次歪成分を最適にする振幅値と位相値を算出する段階と、

局部発振器の設定周波数を変更する段階と、
局部発振周波数の設定周波数変更後に上記各奇数次歪成分を検出する振幅値と位相値を算出する段階と、

所定の周波数範囲での各調整器に設定される振幅値及び位相値を用いてそれぞれの周波数偏差を算出し第二周波数特性補償器に設定する段階と、

にて構成されることを特徴とする線形電力増幅器におけるデジタルプリディ

ストータの自動調整方法。

【請求項 4】パイロット信号発生器と、

入力信号を線形伝達経路と歪発生経路に分配する分配器と、歪発生経路に設けられた各歪発生器の周波数特性をそれぞれ補償する第二周波数補償器と歪発生経路に設けられた奇数次歪を発生する歪発生器と該各歪発生器の発生する各歪成分の周波数特性をそれぞれ補償する第一周波数特性補償器と該各周波数特性補償器出力信号の振幅と位相を調整する調整器と、線形伝達経路に設けられた遅延器と、該調整器と該遅延器の出力信号を合成する合成器により構成され、それらをデジタル信号処理にて実現されるデジタルプリディストータと、

デジタルプリディストータ出力を入力するデジタル／アナログ変換器と、デジタル／アナログ変換器出力を局部発振器を用いてアップコンバートする周波数変換器と、

周波数変換された信号を入力し、電力増幅を行う電力増幅器と、

電力増幅器出力にてパイロット信号をモニタするパイロット信号抽出器と、

抽出されたパイロット信号からデジタルプリディストータの調整器と第一周波数特性補償器と第二周波数特性補償器と局部発振器を制御する制御器と、から構成される線形電力増幅器におけるデジタルプリディストータの自動調整方法であって、

抽出されたパイロット信号の各奇数次歪成分を検出する段階と、

検出した振幅値及び位相値を用いて電力増幅器出力で該パイロット信号の各奇数次歪成分を最適にする調整器に設定される振幅値と位相値を算出する段階と、

局部発振器の設定周波数を変更する段階と、

局部発振周波数の設定周波数変更後に上記各奇数次歪成分を検出する段階と振幅値と位相値を算出する段階と、

所定の周波数範囲での各調整器に設定される振幅値及び位相値を用いてそれぞれの周波数偏差を算出し第二周波数特性補償器に設定する段階と、

抽出されたパイロット信号の各奇数次歪成分を検出する段階と、

検出した振幅値及び位相値を用いて電力増幅器出力で該パイロット信号の各奇数次歪成分を最適にする振幅値と位相値を算出する段階と、

局部発振器の設定周波数を変更する段階と、

局部発振周波数の設定周波数変更後に上記各奇数次歪成分を検出する振幅値と位相値を算出する段階と、

所定の周波数範囲での各調整器に設定される振幅値及び位相値を用いてそれぞれの周波数偏差を算出し第一周波数特性補償器に設定する段階と、

にて構成されることを特徴とする線形電力増幅器におけるデジタルプリディストータの自動調整方法。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の線形電力増幅器におけるデジタルプリディストータの自動調整方法において、

電力増幅器の入力電力を変更する段階を新たに具備し、

それぞれの入力電力に応じてデジタルプリディストータの自動調整を行うことを特徴とする線形電力増幅器におけるデジタルプリディストータの自動調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、周波数特性を補償する線形電力増幅器におけるデジタルプリディストータの自動調整方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

電力増幅器の歪補償方法のひとつにプリディストーション法がある。プリディストーション法は、電力増幅器出力で発生する相互変調歪成分を打ち消すように入力信号に予め相互変調歪成分を付加することによって、電力増幅器で発生する相互変調歪成分を相殺する。変調信号に対して良好な歪補償を行うためには、プリディストータで発生した相互変調歪成分の利得と位相を高精度に設定する必要がある。

これまでに知られているプリディストータの構成は、増幅器の非線形特性をべき級数でモデル化した構成（特許文献 1、非特許文献 1）、ルックアップテーブルを用いた構成がある（非特許文献 2）。これまでにデジタルプリディストー

タには、予め増幅器の非線形特性を線形化するテーブルを持つルックアップテーブルによる構成が知られている（例えば、非特許文献 3）。ルックアップテーブルを持つデジタルプリディストータは、歪成分を設計値以下にするように増幅器出力信号を帰還してルックアップテーブルの設定値を更新する。このようにして、デジタル信号処理にて歪補償ができることが知られている。また、その歪補償量は、約 15dB 以下であることが知られている（非特許文献 4）。

【 0 0 0 3 】

電力増幅器をなるべく高効率増幅を行うには、歪補償量を大きくして増幅器の出力バックオフを圧縮する必要がある。図 1 に 1 dB 利得圧縮点からの出力バックオフと効率の関係を示す。検討条件は理想的な B 級バイアスとした。図 1 から効率を高めるには出力バックオフの圧縮を可能とする歪補償量を大きくする必要がある。

図 2 に歪補償量と 3 次歪成分の振幅及び位相偏差の関係を示す。少なくとも歪補償量を 30dB 以上達成するには、振幅偏差 ± 0.2 dB 以内、位相偏差 ± 2.0 deg 以内を達成するデジタルプリディストータが必要となる。図 2 からデジタルプリディストータには、経年変化、温度変化などに対しても所定の振幅偏差及び位相偏差を達成することが求められる。

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】

P.Kennington, UK Patent application, GB2,335,812A, "Linearizing an amplifier using a feedback controlled predistorter", 1999.09.29.

【非特許文献 1】

岡本、野島、大山, "IF 帯プリディストーションによる進行波管増幅器の非線形歪補償法の一検討", 電子情報通信学会技術研究報告, MW76-112, 1976

【非特許文献 2】

H.Girard, and K.Feher, "A new baseband linearizer for more efficient utilization of earth station amplifiers used for QPSK transmission", IEEE J.Select.Areas Commun.Vol.SAC-1, No.1, 1983.

【非特許文献 3】

L.Sundstrom, M.Faulkner, and M.Johansson, "Quantization analysis and design of a digital predistortion linearizer for RF power amplifiers", IEEE Trans. Veh. Tech. Vol.45, No.4, pp.707-719, 1996.11.

【非特許文献4】

石川、長谷、久保、戸澤、濱野。"W-CDMA基地局用適応歪補償装置の開発", 2002年電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-2-31, 2002.09

【非特許文献5】

J.A.Higgins, and R.L.Kuvas, "Analysis and improvement of intermodulation distortion in GaAs power FET's", IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, Vol.MTT-28, No.1, pp.9-17, Jan.1980

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、増幅する周波数帯域が広くなるにつれて、電力増幅器の発生する相互変調歪成分の利得特性および位相特性の周波数依存性が顕著になる。この依存性のため、プリディストータで発生させた相互変調歪成分の振幅特性および位相特性を平坦にしても、増幅する周波数帯域にわたってその相互変調歪成分によって電力増幅器で発生する相互変調歪成分を平坦化できない。これは、従来のデジタルプリディストータは周波数に対して補正用テーブルをもたないことによる。このため高い歪補償量を達成するには、プリディストータの相互変調歪成分の振幅特性及び位相特性は、電力増幅器の利得特性および位相特性の周波数特性を平坦化するように設定する必要がある。仮に、周波数に対しても適切なテーブルを設定するには、これまでのテーブル数に補正する周波数点数倍のテーブルを必要とする。このように単純に周波数に対して補正用テーブルを設定することはメモリなどの点で非効率である。

【0006】

高い歪補償量が達成されたとしても、温度変化や経年変化による電力増幅器の相互変調歪特性変化により、高い歪補償量が維持できない可能性がある。このため、高精度な歪補償を保つための制御方法が必要となる。

本発明は、増幅器の発生する相互変調歪成分の利得特性および位相特性の周波

数依存性を平坦化する。周波数に対しても前置歪信号を生成する制御方法をもつ簡易なプリディストータを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題を上記請求項にて解決する。

(1) 歪発生器の出力側に周波数特性補償器を設けるプリディストータの構成において、等振幅の異なる搬送波周波数によるパイロット信号を所定の周波数範囲にて掃引する。増幅器出力にてパイロット信号を抽出し、奇数次の相互変調歪成分を抽出する。抽出された各相互変調歪成分は、掃引した周波数範囲にてその周波数特性を推定する。推定された周波数特性を周波数特性補償器に設定する。

(2) 歪発生器の入力側に周波数特性補償器を設けるプリディストータの構成において、等振幅の異なる搬送波周波数によるパイロット信号を所定の周波数範囲にて掃引する。増幅器出力にてパイロット信号を抽出し、奇数次の相互変調歪成分を抽出する。抽出された各相互変調歪成分は、掃引した周波数範囲にてその周波数特性を推定する。推定された周波数特性を周波数特性補償器に設定する。

(3) 歪発生器の入力側及び出力側に周波数特性補償器を設けるプリディストータの構成において、等振幅の異なる搬送波周波数によるパイロット信号を所定の周波数範囲にて掃引する。増幅器出力にてパイロット信号を抽出し、奇数次の相互変調歪成分を抽出する。抽出された各相互変調歪成分は、掃引した周波数範囲にてその周波数特性を推定する。推定された周波数特性を何れかの周波数特性補償器に設定する。その後、さらにパイロット信号を周波数掃引する。これにより、先ほど設定した周波数特性補償器と異なる周波数特性補償器の設定を行う。

【0008】

(作用)

本発明の作用を説明する。

図3にFETの真性領域のみ等価回路を示す。ゲート・ソース間容量 C_{gs} 、ゲート抵抗 R_g 、相互コンダクタンス G_m 、ドレインコンダクタンス G_d とする。FETにおける相互変調歪は図2の真性領域の等価回路から、 C_{gs} 、 G_m 、 G_d のべき級数形式でモデル化されている（非特許文献5）。以下に瞬時ゲート電圧 V_g 、瞬時ドレ

イン電圧 V_d とすれば、

$$G_m(V) = G_{m1} + G_{m2}V_g + G_{m3}V_g^2 + G_{m4}V_g^3 + G_{m5}V_g^4 + \dots \quad (1)$$

$$G_d(V) = G_{d1} + G_{d2}V_d + G_{d3}V_d^2 + G_{d4}V_d^3 + G_{d5}V_d^4 + \dots \quad (2)$$

$$C_g(V) = C_{g1} + C_{g2}V_g + C_{g3}V_g^2 + C_{g4}V_g^3 + C_{g5}V_g^4 + \dots \quad (3)$$

となる。このように、FETの相互変調歪はゲートとドレインにそれぞれ発生することがわかる。

増幅器は図3のFETの等価回路を用いて回路網として図4に示す。ゲート側整合回路と、FETと、ドレイン側整合回路の構成となる。ここで、それぞれの整合回路の周波数特性がある。このことから、増幅器の相互変調歪はゲート側整合回路とドレイン側整合回路の周波数特性の影響を受ける。ただし、ここでの周波数特性とは、FETの動作周波数を議論するほどの広帯域ではなく、増幅器の増幅する帯域幅に限定される。

これまでにデジタル信号処理によるべき級数型プリディストータでは、FETの相互変調歪の周波数特性までは考慮されていなかった（特許文献1）。

【0009】

本発明では、より広帯域かつ高い歪抑圧量を達成するために、歪発生器の入力側に第一周波数特性補償器、歪発生器の出力側に第二周波数特性補償器を用いる。第一周波数特性補償器はゲート側整合回路の周波数特性を電力増幅器出力にて補償する周波数特性を実現する。第二周波数特性補償器も同様にドレイン側整合回路の周波数特性を電力増幅器出力にて補償する周波数特性を実現する。ここで、ゲート側整合回路による相互変調歪の周波数特性 $T(f)$ を（3）式を用いて以下のように示す。

$$\begin{aligned} T(f)C_g(V) = & T_1(f)C_{g1} + T_2(f)C_{g2}V_g + T_3(f)C_{g3}V_g^2 + T_4(f)C_{g4}V_g^3 \\ & + T_5(f)C_{g5}V_g^4 + \dots \end{aligned} \quad (4)$$

本発明のデジタル信号処理型プリディストータでは、各奇数次歪発生器ごとに周波数特性を補償する必要があることが（4）式よりわかる。ドレイン側も同様である。また、FETの相互変調歪はゲート及びドレイン側にて同時に発生しており、（1）式から（3）式のそれぞれの相互変調歪の大小によって実現しうべきべき級数型プリディストータの構成が異なる。本発明では、第一周波数特性補

償器のみ、第一及び第二周波数特性補償器の構成により、デジタル信号処理型プリディストータの歪抑圧量の周波数依存性を改善している。

【0010】

本発明では、(4)式による相互変調歪の周波数特性 $T(f)$ を等振幅二波の搬送波によるパイロット信号によって抽出する。デジタルプリディストータ入力時のパイロット信号は、一定周波数間隔の二波である。デジタルプリディストータ出力時のパイロット信号は、べき級数モデルによる相互変調歪を含む信号である。入力信号が等振幅の二波であるため、等周波数間隔に奇数次の相互変調歪成分がある。電力増幅器出力において、パイロット信号奇数次相互変調歪成分は抑圧される。電力増幅器出力にてパイロット信号を抽出し、制御器にて各奇数次相互変調歪成分を検波する。検波された奇数次相互変調歪を最小化するようにデジタルプリディストータの制御を行う、このパイロット信号の中心周波数は、電力増幅器の入力側の周波数変換器にて特定の周波数範囲を掃引する。各周波数点にて奇数次相互変調歪成分を検出し、電力増幅器出力にて各相互変調歪成分を最小にするように $T_i(f)$ の各成分を求める。

このように、本発明ではデジタルプリディストータに設定するべき級数の周波数特性をパイロット信号の周波数掃引によって求めることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】

(第一実施例)

図5(線形電力増幅器(第一実施例))を参照して第一実施例を説明する。

第一実施例は、パイロット信号発生器と、分配器と遅延器と3次、5次、7次の歪発生器と第一周波数特性補償器とベクトル調整器と加算器とで構成されるデジタルプリディストータと、デジタル／アナログ変換器(DAC)と、ミキサと局部発振器と帯域通過フィルタ(BPF)からなる第1、2周波数変換器(アップコンバート)と、電力増幅器と、パイロット信号抽出器と、ミキサと局部発振器と帯域通過フィルタ(BPF)からなる第3周波数変換器(ダウンコンバート)と、アナログ／デジタル変換器(ADC)と、各奇数次歪成分検出器とベクトル制御器と周波数特性制御器及び局部発振器制御器からなる制御器と、から構成される。

【0012】

図6に制御フローチャートを示す。

パイロット信号使用時は、デジタルプリディストータ入力側の切替器にて送信信号と区別する。(S1)周波数特性制御器は、パイロット信号の周波数変換する周波数を設定する。すなわち、設定周波数になるように第1周波数変換器の局部発振器に設定される。周波数変換器を複数用いる場合（図5：第1,第2周波数変換器）は、周波数の低い周波数変換段（第1周波数変換器）の局部発振器の設定周波数を制御する。RF段の局部発振器にて同様の制御ができる場合にはこの限りではない。パイロット信号は、デジタルプリディストータを介してデジタル／アナログ変換された後、周波数特性制御器と局部発振器制御器により設定された周波数にて電力増幅器に入力される。(S3)電力増幅器出力側のパイロット信号抽出器によって、パイロット信号は抽出される。抽出されたパイロット信号は、第3周波数変換器（ダウンコンバート）にてベースバンド帯域に変換される。(S4)パイロット信号は各歪成分検出器にて各奇数次歪成分を狭帯域フィルタにより抽出する。このとき、基本波の上側及び下側に各奇数次歪成分は検出器にて検出される。(S5)ベクトル制御器は検出された各奇数次歪成分を最小とするようにデジタルプリディストータのベクトル調整器を制御する。また、各奇数次歪成分を最小にする第一周波数特性補償器の設定値を周波数特性制御器に記憶する。ここで各奇数次歪成分は、ある設定値以下になるように調整してもよい。また、その設定値は外部の設定手段、例えばキーボードなどにより設定してもよい。(S6)次に周波数特性制御器は、局部発振器に設定する周波数を変更し、これまでのフローを繰り返すことでデジタルプリディストータの第一周波数特性補償器の設定値を記憶する。この局部発振器の設定周波数は、電力増幅器の出力にて所望の帯域において歪補償を行う周波数帯域を順次掃引する。

周波数特性制御器に記憶されるデジタルプリディストータの第一周波数特性補償器の設定値は、各奇数次歪成分に対応して、周波数に対する設定値として周波数特性制御器に記憶される。

【0013】

図6の制御フローチャートにおいて、電力増幅器の入力電力または出力電力を

パラメータにして再度実行してもかまわない。この場合において、第一周波数特性補償器は、各奇数次歪成分の各周波数において入出力特性をもつ。

図7に図5の第一実施例の変形例を示す。図7では、パイロット信号と送信信号をそれぞれ独立なデジタルプリディストータで前置歪処理を行う。パイロット信号側のデジタルプリディストータ出力はデジタル／アナログ変換器にてアナログ信号に変換される。第1周波数変換器で送信信号と異なる周波数帯域に周波数変換される。周波数変換器の局部発振周波数の設定周波数を制御器にて制御することでパイロット信号の注入する周波数帯域を制御する。二つのデジタルプリディストータは、制御器にてパラメータの同期制御を行う。

このようにして、第一実施例によって、電力増幅器の周波数特性を考慮してデジタルプリディストータを構成できる。

【0014】

(第二実施例)

図8（線形電力増幅器（第二実施例））を参照して第二実施例を説明する。

第二実施例は第一実施例の第一周波数特性補償器を各奇数次歪発生器の入力側に設けている。第二実施例は、パイロット信号発生器と、分配器と遅延器と第二各奇数次周波数特性補償器と3次、5次、7次の歪発生器とベクトル調整器と加算器で構成されるデジタルプリディストータと、デジタル／アナログ変換器と、ミキサと局部発振器と帯域通過フィルタ(BPF)からなる第1、2周波数変換器（アップコンバート）と、電力増幅器と、パイロット信号抽出器と、ミキサと局部発振器と帯域通過フィルタ(BPF)からなる第3周波数変換器と、各奇数次歪成分検出器とベクトル制御器と周波数特性制御器及び局部発振器制御器からなる制御器と、から構成される。第二実施例における制御フローチャートは第一実施例のそれと同一である。周波数特性制御器の制御対象が第一周波数特性補償器から第二周波数特性補償器に変更している。このため、図6のフローチャートは第二実施例の制御フローチャートに適用できる。

【0015】

(第三実施例)

図9（線形電力増幅器（第三実施例））を参照して第三の実施例を説明する。

第三実施例は、デジタルプリディストータの各奇数次歪発生器の入力側に第二周波数特性補償器及び出力側に第一周波数特性補償器を新たに具備する構成である。第三実施例は、パイロット信号発生器と、分配器と遅延器と第二各奇数次周波数特性補償器と 3 次, 5 次, 7 次の歪発生器と各第一奇数次周波数特性補償器とベクトル調整器と加算器からなるデジタルプリディストータと、デジタル／アナログ変換器と、ミキサと局部発振器と帯域通過フィルタからなる第 1, 2 周波数変換器（アップコンバート）と、電力増幅器と、パイロット信号抽出器と、ミキサと局部発振器と帯域通過フィルタからなる第 3 周波数変換器（ダウンコンバート）と、各奇数次歪成分検出器とベクトル制御器と周波数特性制御器及び局部発振器制御器からなる制御器と、から構成される。

【0016】

図 10 に第三実施例の制御フローチャートの実施例を示す。

図 10 では、第一周波数特性補償器からパイロット信号を周波数掃引して所定の歪抑圧量にする設定値を検出する。次に第二周波数特性補償器に関して同様にパイロット信号を周波数掃引して所定の歪抑圧量にする設定値を検出する。この制御順序は第二周波数特性補償器、第一周波数特性補償器の順序でもよい、電力増幅器の非線形性は、入力側及び出力側の非線形性の依存関係により決まる。このため、第一及び第二周波数特性補償器を同時に制御することは個々の電力増幅器により入力側と出力側の依存関係の相違によるため制御をより複雑にする可能性がある。そこで、第一または第二周波数特性補償器をそれぞれ制御することにした。このようにして、第一及び第二周波数特性補償器に設定される係数を従属的に求めることで電力増幅器の入力側及び出力側の周波数特性を平坦化することが可能になる。

【0017】

【発明の効果】

本発明により、以下の効果がある。

(1) 本発明のデジタルプリディストータの自動調整法を用いることで広帯域にわたり高い歪補償量の達成が可能な線形電力増幅器が提供できる。

(2) 本発明のデジタルプリディストータの自動調整法による線形電力増幅器

を用いることにより送信機構成の簡易化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

効率対 1 dB 利得圧縮点からの出力バックオフの関係を示す図。

【図 2】

3 次歪成分に関する振幅偏差と位相偏差の関係を示す図。

【図 3】

F E T の真性領域の等価回路を示す図。

【図 4】

増幅器の等価回路を示す図。

【図 5】

第一実施例のデジタルプリディストータの自動調整方法を説明する線形電力増幅器（第一実施例）の構成図。

【図 6】

第一実施例の制御フローチャート。

【図 7】

線形電力増幅器（第一実施例）の変形例を示す構成図。

【図 8】

第二実施例のデジタルプリディストータの自動調整方法を説明する線形電力増幅器（第二実施例）の構成図。

【図 9】

第三実施例のデジタルプリディストータの自動調整方法を説明する線形電力増幅器（第三実施例）の構成図。

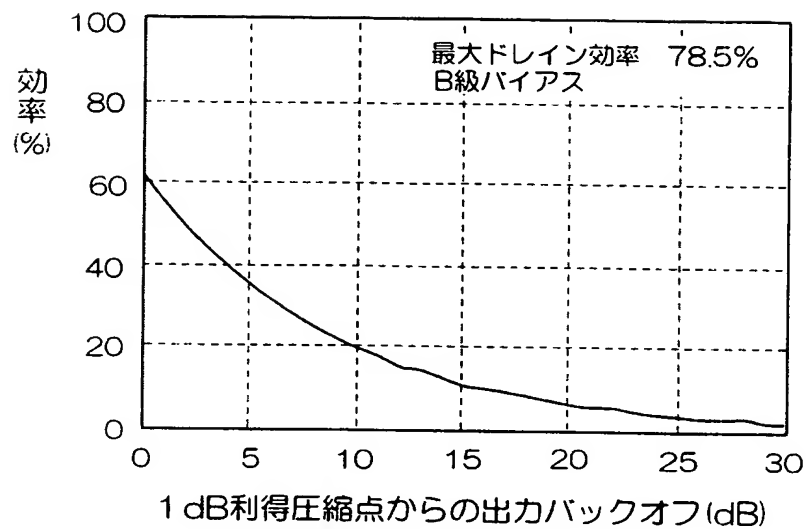
【図 10】

第三実施例の制御フローチャート。

【書類名】

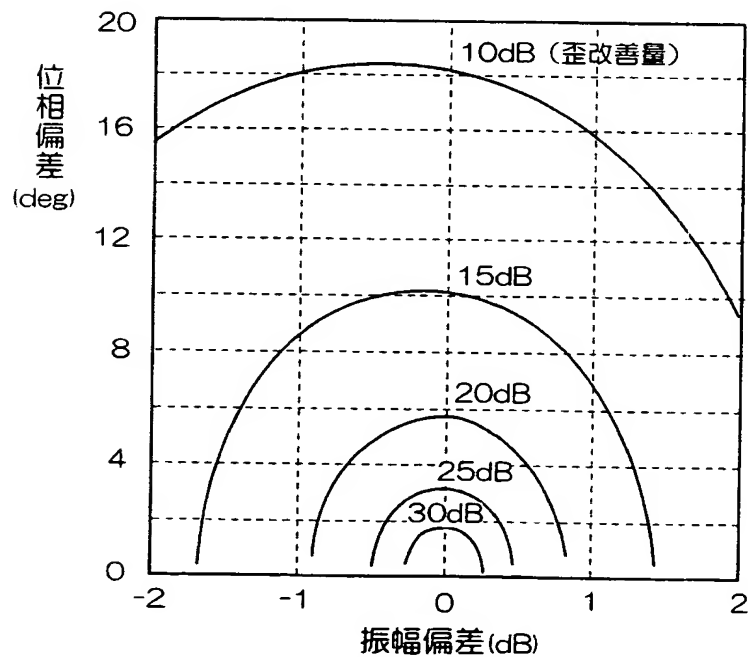
図面

【図 1】



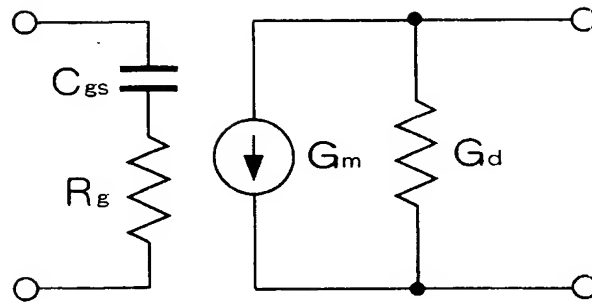
効率対 1 dB 利得圧縮点からの出力バックオフの関係 図 1

【図 2】



3 次歪成分に関する振幅偏差と位相偏差の関係 図 2

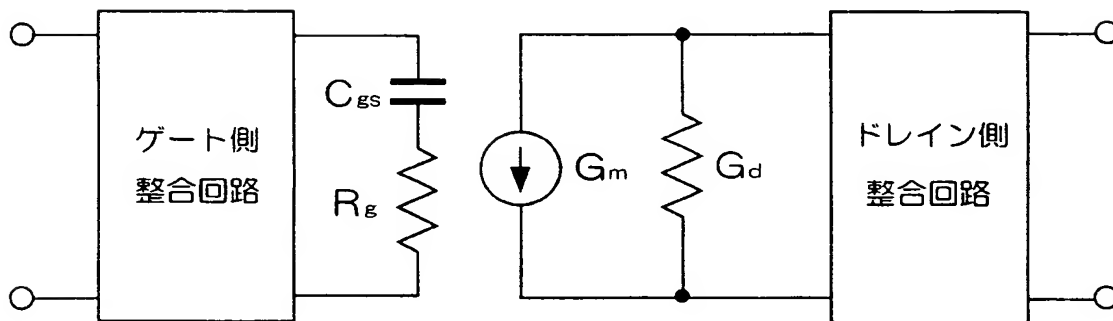
【図 3】



FETの真性領域の等価回路

図 3

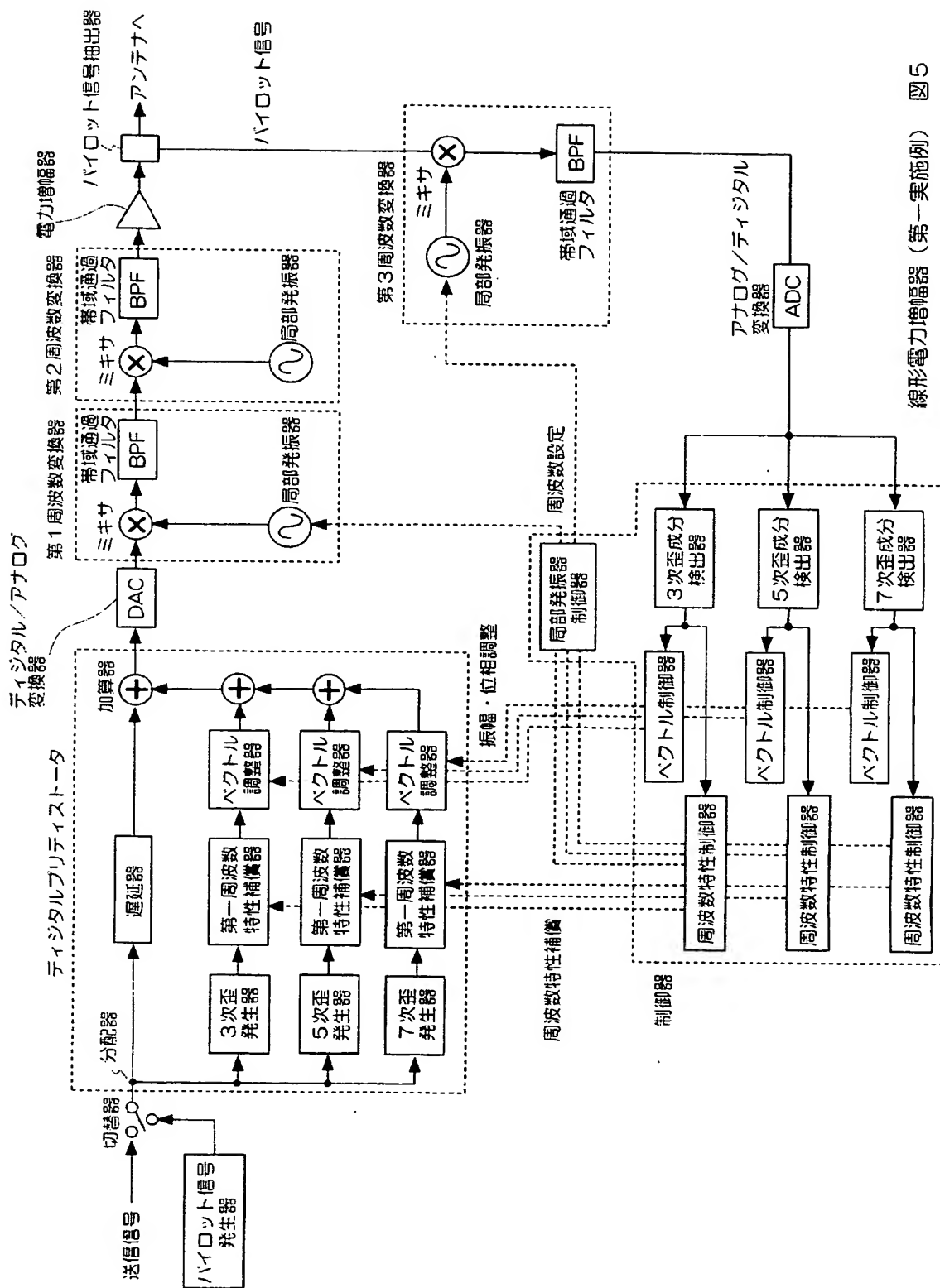
【図 4】



増幅器の等価回路

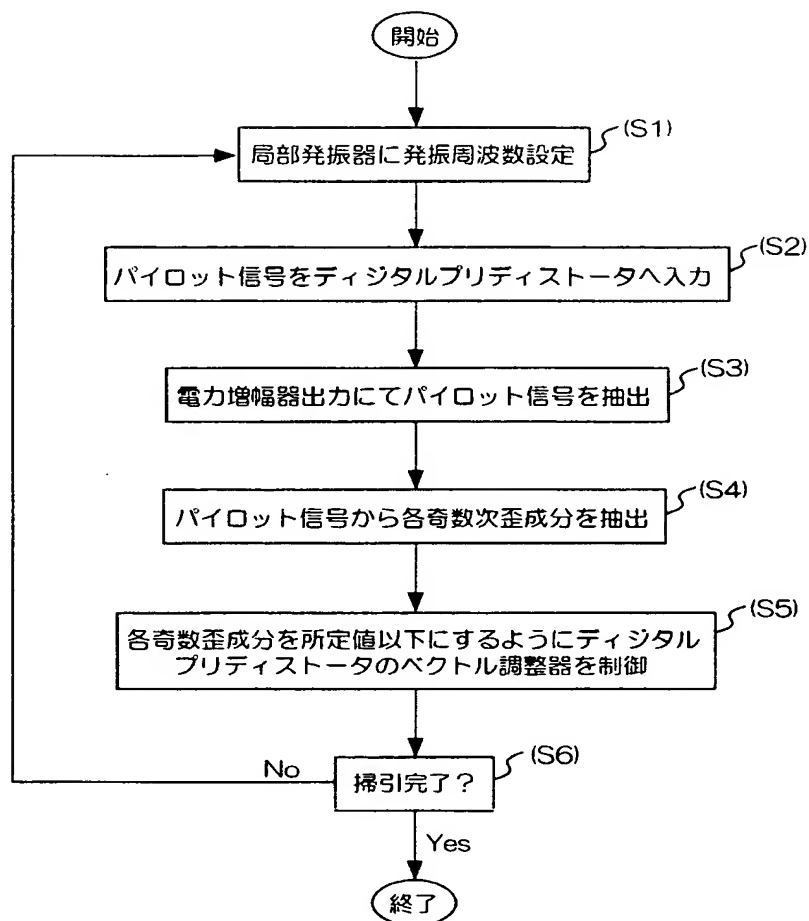
図 4

【図 5】



線形電力増幅器 (第一実施例) 図 5

【図 6】



制御フローチャート（第一実施例）

図 6

【図 7】

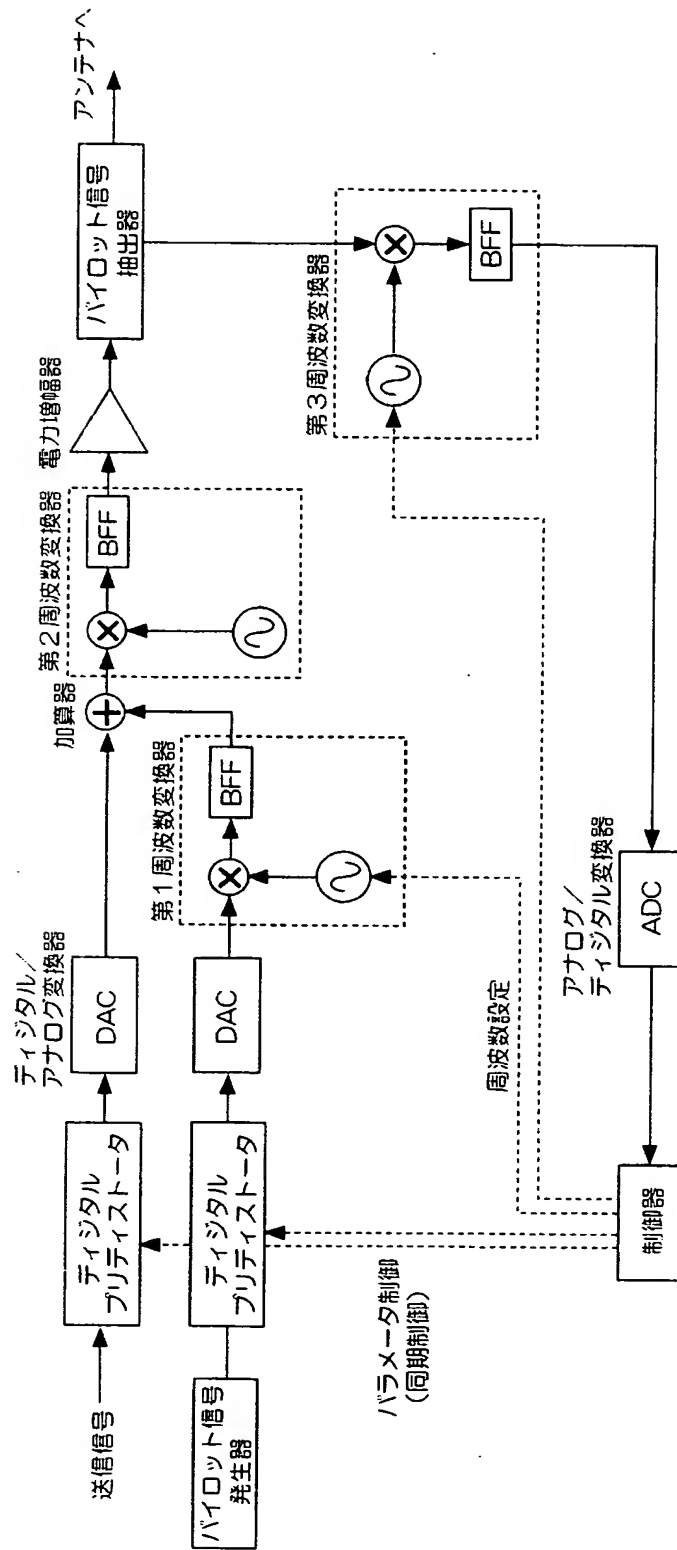


図 7

線形電力増幅器 (第一実施例) の変形例

【図 8】

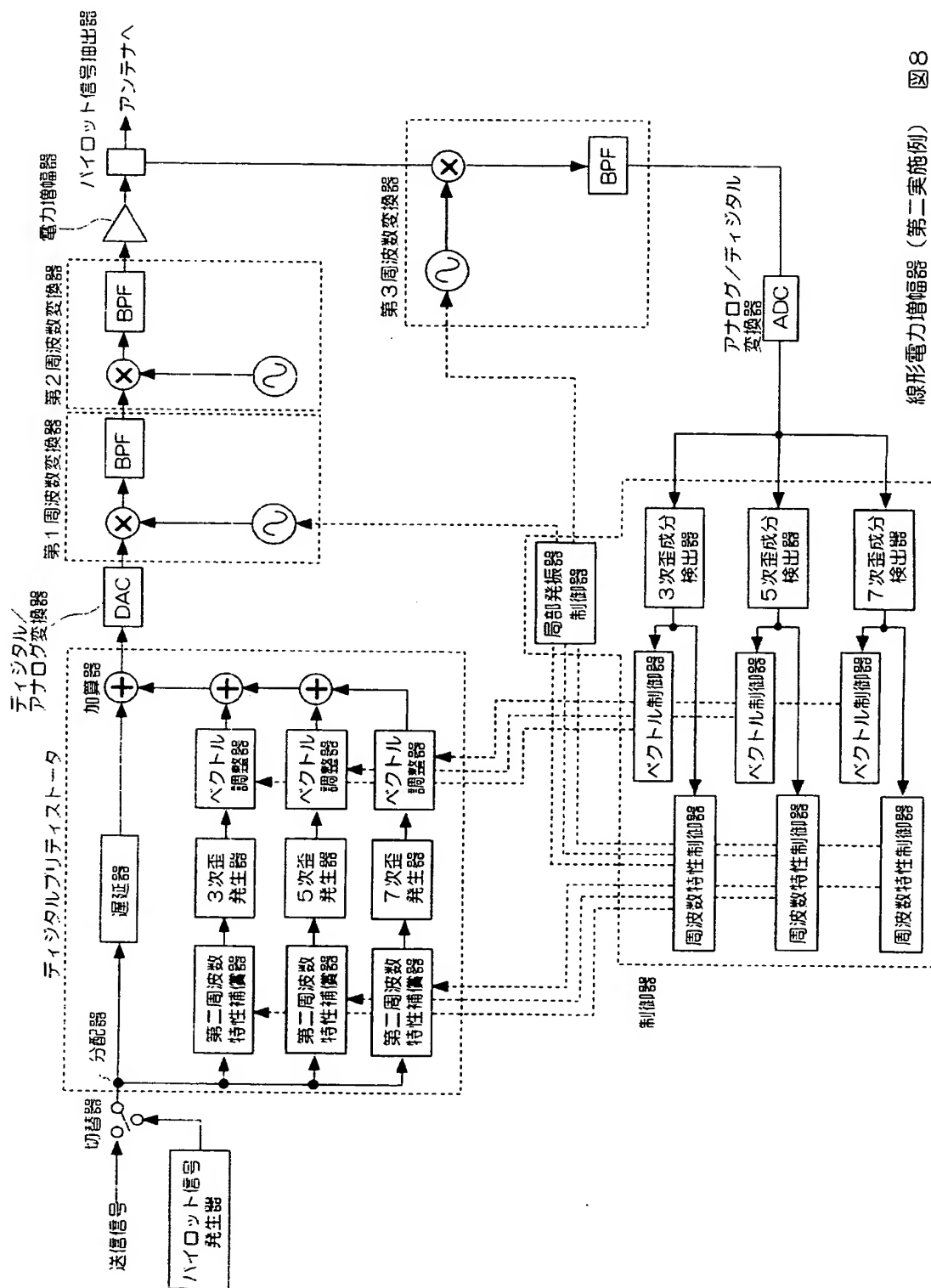
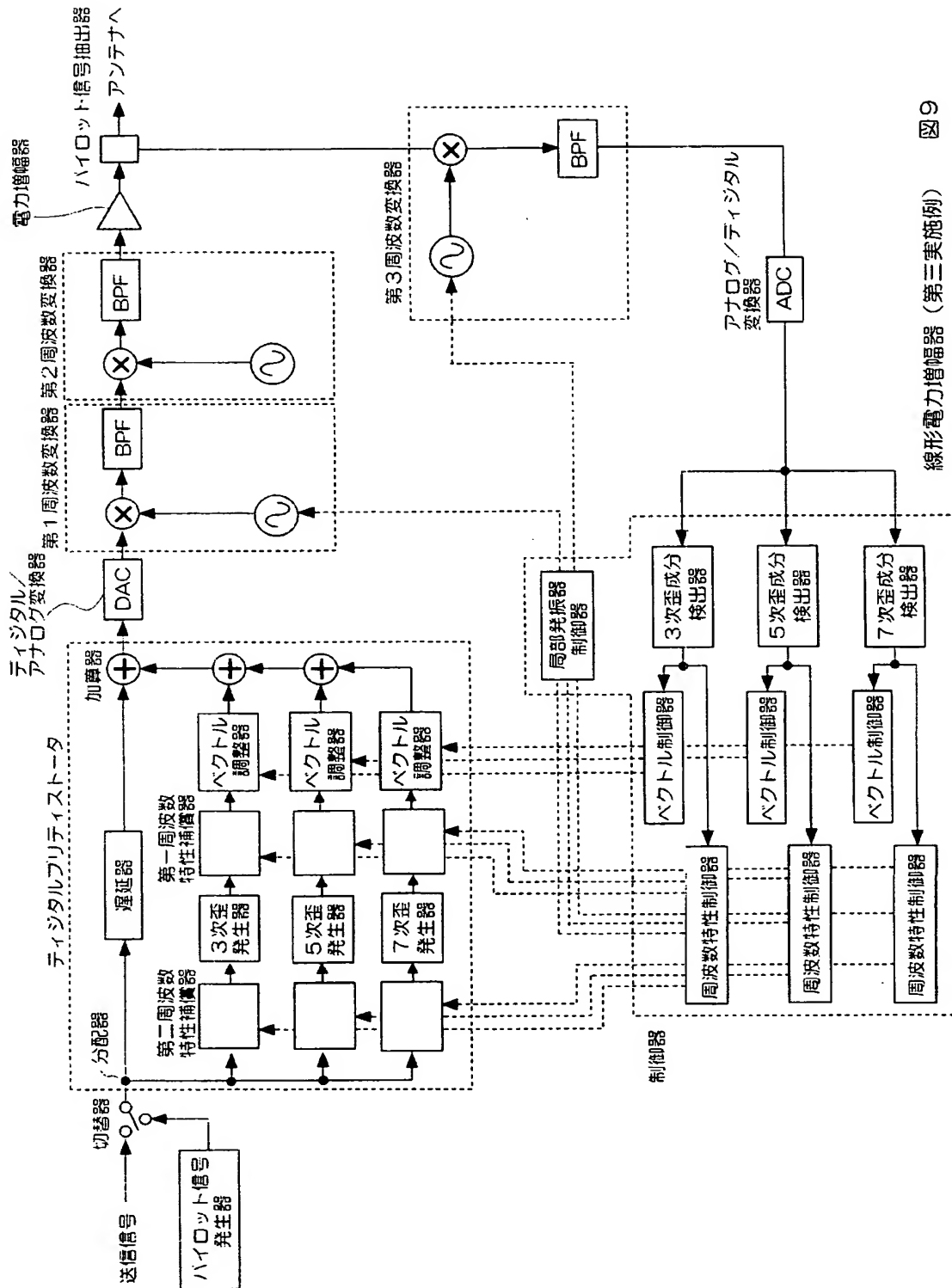


図 8 線形電力増幅器（第二実施例）

【図 9】



線形電力増幅器（第三実施例） 図9

【図 10】

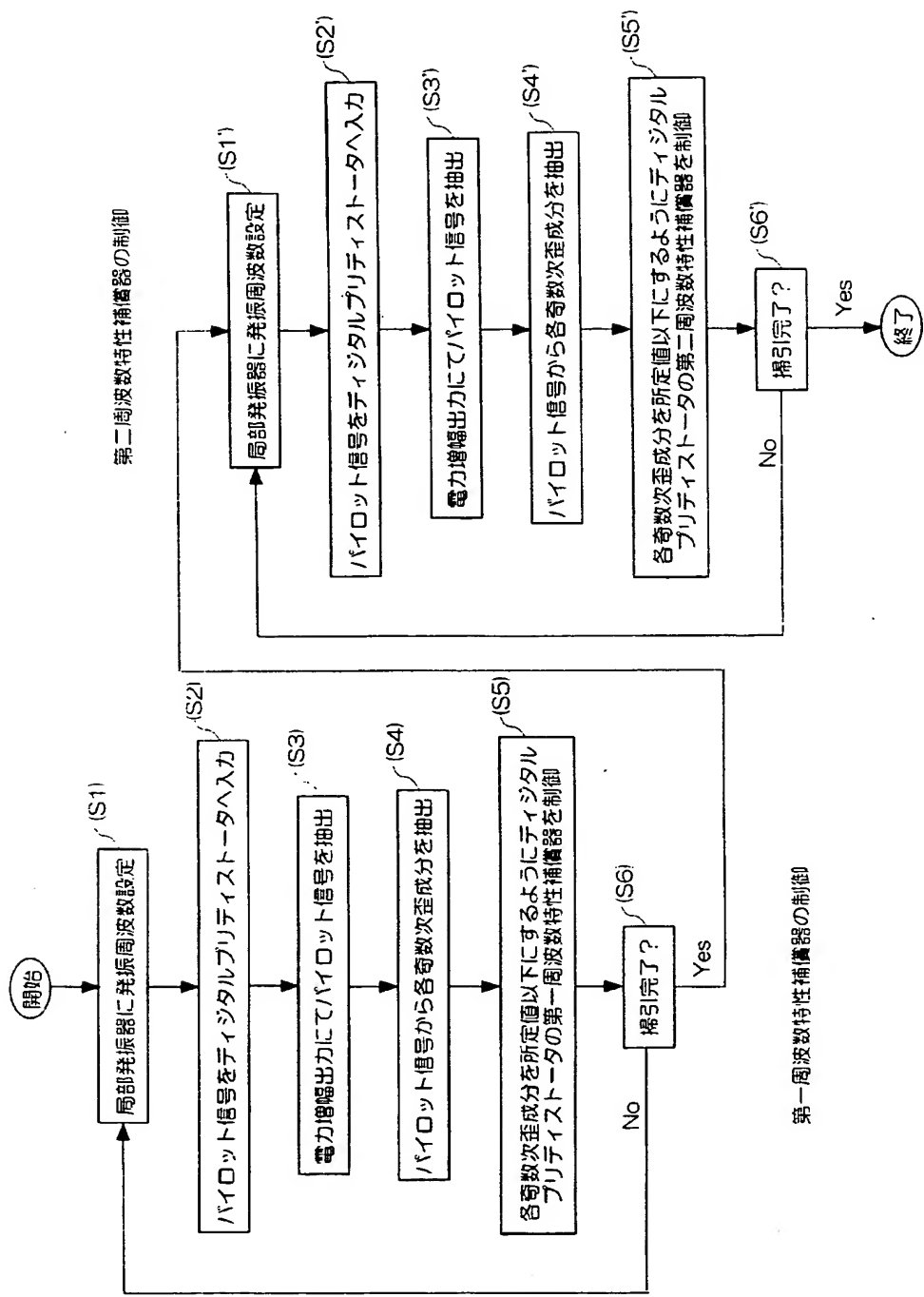


図 10

制御フローチャート (第三実施例)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 相互変調歪成分の利得及び位相特性の周波数依存性を平坦化した線形電力増幅器のデジタルプリディストータの自動調整方法を提供する。

【解決手段】 線形電力増幅器のプリディストータを構成する各奇数次歪発生器とベクトル調整器間に周波数特性補償器を設け、電力増幅器出力でパイロット信号の各奇数次歪成分を検出する段階と、検出した振幅値及び位相値を用いて電力増幅器出力で該パイロット信号の各奇数次歪成分を最適にする調整器に設定される振幅値と位相値を算出する段階と、周波数変換器の局部発振器の設定周波数を変更する段階と、局部発振周波数の設定周波数変更後に上記各奇数次歪成分を検出する段階と振幅値と位相値を算出する段階と、所定の周波数範囲での各調整器に設定される振幅値及び位相値を用いてそれぞれの周波数偏差を算出し第一周波数特性補償器に設定する段階にて構成する。

【選択図】 図 6

特願 2 0 0 3 - 0 7 9 2 8 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 9 2 0 2 6 6 9 3]

1. 変更年月日
[変更理由]

2 0 0 0 年 5 月 1 9 日

名称変更

住所変更

住 所
氏 名

東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号
株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ